

INDICE

Unità didattica 1

LE BASI DELL'ORGANIZZAZIONE BIOLOGICA E MOLECOLARE DELLA VITA	1
Introduzione alla biologia	2
Introduzione alla biologia cellulare e molecolare	2
Le caratteristiche degli organismi viventi	2
L'interazione tra viventi e ambiente	3
La teoria cellulare	3
I livelli di organizzazione della materia vivente	4
I criteri di classificazione dei viventi	6
La definizione di specie	8
La cellula: tipologie e strategie evolutive	8
L'organizzazione molecolare della vita	8
Le teorie sull'origine della vita	9
Meccanismi dell'evoluzione	11
Evoluzione, adattamento e selezione naturale	11
Variabilità genetica	13
Estinzione	14
Speciazione	15
Classificazione, struttura e replicazione dei virus	16
Introduzione ai virus	16
Classificazione dei virus	16
Replicazione virale	19
Fasi della replicazione virale	20
Genetica virale	28
Vettori virali per la terapia	29
Meccanismi della patogenesi virale	30
Introduzione	30
Fasi fondamentali della malattia virale	30
Infezione del tessuto bersaglio	31
Patogenesi virale	32
Difese dell'ospite contro le infezioni virali	35
Immunopatologia	36
Malattia virale	36
Epidemiologia	36
Controllo della diffusione virale	39

Indice

Papillomavirus e poliomavirus	40
Introduzione	40
Papillomavirus umani	40
Polyomaviridae.....	48
Retrovirus	52
Introduzione	52
Classificazione.....	52
Struttura	52
Replicazione.....	54
Patogenesi e immunità.....	57
Epidemiologia.....	58
Manifestazioni cliniche	60
Diagnosi di laboratorio.....	60
Trattamento, prevenzione e controllo	61
Altri retrovirus	62
Virus dell'epatite	63
Generalità	63
Epatite A	63
Epatite B	65
Epatite C	69
Epatite D	73
Epatite E	74
Glucidi	77
L'acqua	77
Natura dei glucidi	78
Disaccaridi	80
Polisaccaridi.....	81
Eteropolisaccaridi	84
Proteine	85
Amminoacidi	85
Le proteine	87
Struttura delle proteine	88
Lipidi	94
Generalità	94
Classificazione.....	94
Lipidi di riserva.....	95
Lipidi di membrana.....	96
Prenoli e prenoidi	98
Lipidi come segnali, cofattori, pigmenti	98

Nucleotidi e acidi nucleici	100
Struttura.....	100
Il materiale genetico è costituito da DNA	101
La struttura del DNA.....	103
Enzimi	107
Gli enzimi come proteine fondamentali.....	107
Funzionamento degli enzimi.....	107
I ruoli degli enzimi	108
Enzimi di restrizione.....	110
Procarioti	112
Caratteristiche morfologiche	112
Tecniche di riproduzione	113
Modalità di nutrizione e metabolismo	113
Filogenesi dei procarioti	114
Interazione con altri organismi	115
Batteri e patologie	115
Cellula vegetale	116
Introduzione	116
Differenze tra cellula vegetale e cellula animale.....	117
Energia e metabolismo	121
Principi di metabolismo energetico	121
ATP, moneta di scambio energetico.....	122
Ottenimento di energia attraverso il trasferimento di elettroni	122
Gli enzimi.....	122
Le vie metaboliche.....	124
Respirazione aerobica	124
Respirazione anaerobica	128
Fotosintesi: la cattura dell'energia luminosa	128
Fotosintesi clorofilliana	130
 Unità didattica 2	
I MECCANISMI CELLULARI DI TRASMISSIONE E CONTROLLO DELL'INFORMAZIONE	133
Genetica	134
Introduzione	134
Genoma	141
Struttura, organizzazione e funzioni	141
Da cosa è composto il genoma?	146
Eventi di riarrangiamento del genoma.....	148
Genetica medica	153
Geni e genomi	153
Trasferimento genico orizzontale.....	159

Unità didattica 3

IL FLUSSO DELL'INFORMAZIONE	165
Duplicazione del DNA	166
Il significato intrinseco della replicazione del DNA	166
Modalità di replicazione del DNA	167
Trascrizione del DNA	173
Introduzione	173
La trascrizione del DNA: fasi e modalità	174
Traduzione del DNA	179
Introduzione	179
Traduzione	181
Maturazione post-traduzionale delle proteine	184
Trasporto e degradazione delle proteine	185
Trasporto di proteine alle sedi di residenza	185
Assunzione della conformazione nativa delle proteine	186
Degradazione delle proteine	187

Unità didattica 4

I MECCANISMI CELLULARI DI TRASMISSIONE E CONTROLLO DEI CARATTERI	189
Mutazioni	190
Introduzione	190
Origine delle mutazioni	190
Ereditarietà	191
Effetto delle mutazioni	192
Tipologia	193
Riparazione DNA e mutazioni	198
Conclusione	201
Leggi dell'ereditarietà	202
Le leggi di Mendel	202
Le malattie genetiche	207
Meccanismi di ereditarietà non mendeliana	213
Epigenetica	218
Ereditarietà mitocondriale	222
Ereditarietà digenica	223
Marcatori genetici, mappatura genica e diagnosi genetica	224
Cromosomi umani	225
Metodi di sequenziamento di nuova generazione	225
Anomalie a livello del DNA non codificante	226
Genetica oncologica	227
Genetica delle popolazioni	228
Macroevoluzione	231

Regolazione genica	233
Introduzione	233
Procarioti	233
Eucarioti	235
 Unità didattica 5	
LE STRUTTURE CELLULARI: BIOGENESI, MORFOLOGIA E FUNZIONI	239
Membrane cellulari	240
Le funzioni della membrana plasmatica	240
I costituenti della membrana	240
I glicolipidi, i proteoglicani e le glicoproteine	242
La struttura della membrana	244
Definizione di matrice pericellulare	247
Trasporto attraverso membrana	248
La permeabilità selettiva	248
Le tipologie di trasporto	248
In sintesi	253
Potenziale d'azione	254
Genesi del potenziale d'azione	254
Il potenziale di membrana a riposo	254
Il potenziale d'azione	256
I potenziali graduati	261
Nucleo	263
La struttura	263
Le funzioni	268
Trasporto attraverso i pori nucleari	269
Mitocondrio	271
Introduzione	271
Le teorie di origine	272
Struttura del mitocondrio	272
I complessi	276
Il genoma mitocondriale	277
Cenni di malattie mitocondriali	278
Lisosomi, vacuoli e perossisomi	280
La cellula	280
I lisosomi	281
I vacuoli	284
I perossisomi	284
Funzioni dei perossisomi	285
Formazione dei perossisomi	286

Indice

Sistema di endomembrane	287
Introduzione	287
Il reticolo endoplasmatico	287
Reticolo endoplasmatico rugoso	288
Reticolo endoplasmatico liscio	290
Apparato di Golgi	291
Sistema e traffico vacuolare	294
Endocitosi	294
Esocitosi	295
Fasi dell'esocitosi	296
Lisosomi	297
Ribosomi	300
Struttura	300
Ribosomi in procarioti ed eucarioti	301
Funzione all'interno della cellula	301
Funzionamento dei ribosomi	302
Citoscheletro	303
Caratteristiche generali	303
Microfilamenti di actina	303
Microtubuli	305
Filamenti intermedi	306
Cheratine e laminine	307
Movimento intracellulare	308
Fibra muscolare striata scheletrica	309
Sarcomero	311
Migrazione cellulare: l'esempio dei leucociti	315
 Unità didattica 6	
LA CELLULA E L'AMBIENTE, LA SEGNALEZIONE CELLULARE E LA TRASDUZIONE DEL SEGNALE	319
Le giunzioni cellulari	320
Introduzione	320
Giunzioni occludenti	320
Giunzioni aderenti	321
Giunzioni comunicanti	322
Comunicazione cellulare	324
Principi generali	324
Tipologie di comunicazione	325
Proprietà biochimiche delle molecole segnale	327
Recettori di superficie	327
Recettori intracellulari	331
Secondi messaggeri	331

Unità didattica 7

IL CONTROLLO DELLA PROLIFERAZIONE

E DELLA SOPRAVVIVENZA CELLULARE 337

Ciclo cellulare e mitosi..... 338

Introduzione 338

La mitosi 338

Interfase 339

Meccanismi di checkpoint 340

Complessi CDK/ciclina 342

Proliferazione e Steady-state 344

Il centrosoma..... 344

Fasi della mitosi..... 345

Profase 345

Prometafase 345

Metafase 346

Anafase 346

Telofase..... 347

Citodieresi 347

In sintesi 348

Meccanismi riproduttivi degli esseri viventi..... 349

La riproduzione 349

La riproduzione asessuata..... 350

La riproduzione sessuata 351

I cicli vitali..... 352

Meiosi e spermatogenesi 354

La compattazione del DNA 354

Il ciclo cellulare 355

La meiosi 357

La variabilità genetica 359

La spermatogenesi 359

Ovogenesi e cicli femminili 363

Introduzione e fasi del processo 363

Il ciclo ovarico 363

Fase follicolare 364

Fase luteinica 366

Il ciclo mestruale 367

Ciclo miometriale 367

Ciclo endometriale 368

Il ciclo cervicale 369

Cambiamenti periodici degli ovidotti 369

Cambiamenti periodici della vagina 369

Indice

Cellule staminali	370
Introduzione	370
Classificazione delle cellule staminali	370
Cellule staminali embrionali	371
Cellule staminali adulte (ASC)	372
Regolazione del differenziamento	375
Misurazione del rinnovamento cellulare	376
Controllo dell'espressione genica	376
Trapianto di cellule staminali	379
Genetica del cancro	381
Introduzione	381
Geni e cancro	381
Le principali vie molecolari e caratteristiche delle cellule tumorali	385
Eterogeneità	387
Plasticità	387
Cancerogenesi	388
Ereditarietà	389
Trattamento dei tumori.....	389
Apoptosi	391
Caratteristiche generali del processo apoptotico	391
Proteine importanti nella regolazione del processo	392
Meccanismi di attivazione del processo apoptotico.....	393
Eliminazione dei corpi apoptotici.....	394
Patologie	394
MAPPE E QUIZ	395
I virus	396
Quiz di verifica	398
Soluzioni commentate	399
Membrana cellulare	400
Quiz di verifica	402
Soluzioni commentate	403
Ciclo cellulare (1)	404
Quiz di verifica (parte 1).....	406
Soluzioni commentate	407
Ciclo cellulare (Parte 2-Mitosi)	408
Quiz di verifica (parte 2)	410
Soluzioni commentate	411
Struttura del DNA	412
Quiz quantità di basi	414
Quiz di verifica	416
Soluzioni commentate	417

Replicazione del DNA	418
Quiz di verifica	420
Soluzioni commentate	421
Genetica mendeliana	422
Quiz di verifica	424
Soluzioni commentate	425
Le malattie ereditarie	426
Quiz probabilità di trasmissione	428
Quiz di verifica	430
Soluzioni commentate	431
Verifica finale – Quiz	432
Verifica finale – Soluzioni	433

Unità didattica

1

**LE BASI DELL'ORGANIZZAZIONE
BIOLOGICA E MOLECOLARE
DELLA VITA**



INTRODUZIONE ALLA BIOLOGIA

Introduzione alla biologia cellulare e molecolare

Biologia è un termine che, dal greco "**βίος**" [bíos] + "**λόγος**" [lógos], significa "discorso sulla vita". La vita sulla Terra è estremamente varia ed eterogenea: nonostante ciò, si possono identificare sempre delle organizzazioni simili in termini di strutture e funzioni.

Questo è dimostrato dalla **teoria evolutiva**, secondo la quale ogni forma di vita:

- è generata da un antenato comune o **L.U.C.A.** → Last Universal Common Ancestor;
- ha analogie con altre forme di vita per quanto riguarda le molecole e l'unità fondamentale, che è la **cellula**.

Biologia cellulare

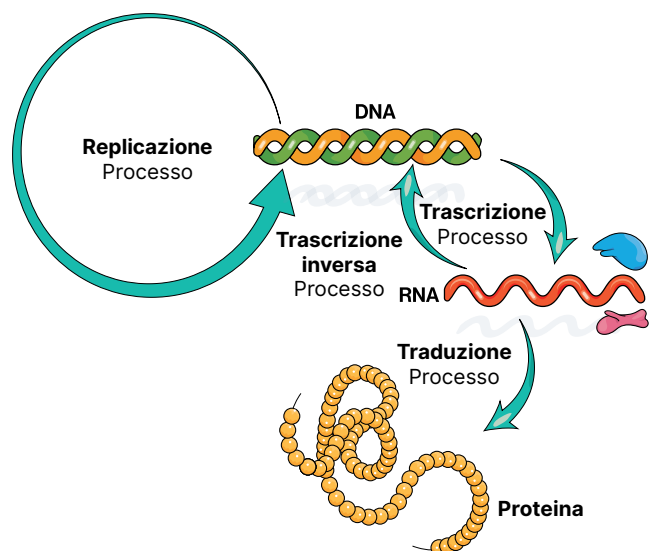
La biologia cellulare è la branca della biologia che si occupa dello studio delle strutture e delle funzioni della cellula.

Biologia molecolare

Numerosi studi condotti durante il secolo scorso sono stati decisivi nel definire il *dogma fondamentale della biologia molecolare*, secondo il quale il materiale genetico è contenuto nel DNA, il DNA è trascritto in RNA, e l'RNA è tradotto in proteine:

DNA → RNA → proteine

L'interazione tra queste molecole è al centro dello studio e della ricerca nell'ambito della **biologia molecolare**.



Dogma fondamentale della biologia molecolare

Biologia sperimentale

La *biologia sperimentale* è la scienza che si occupa della comprensione dei fenomeni che si verificano nei viventi; è contrapposta alla *biologia teorica*, la quale si occupa di teorizzare tutte le informazioni sui viventi già note alla comunità scientifica.

Le caratteristiche degli organismi viventi

In base a come interagiscono gli organismi viventi con l'ecosistema, si distinguono esseri viventi:

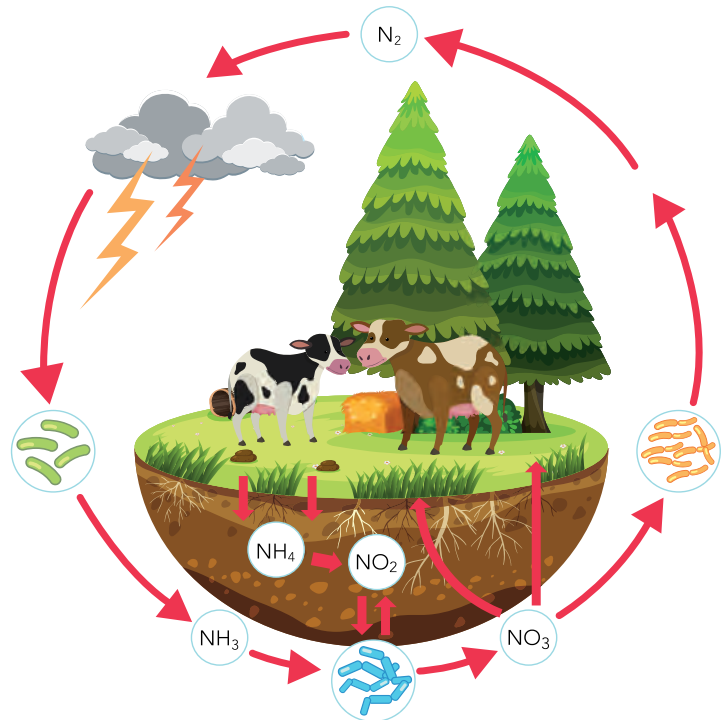
- **produttori** → come le piante (organismi autotrofi), che convertono composti inorganici in composti organici, fonte di energia;
- **consumatori** → chiamati anche eterotrofi, si cibano del nutrimento proveniente dai produttori. Di questa categoria fanno parte erbivori, carnivori e onnivori;
- **decompositori** → come muffe e funghi, decompongono i resti di organismi morti e li convertono in composti inorganici.

Produttori, consumatori e decompositori sono i protagonisti della catena alimentare, tuttavia, poiché ogni organismo può essere parte di più livelli della catena, è più corretto parlare di **rete alimentare**.

L'interazione tra viventi e ambiente

I viventi interagiscono, oltre che con altri viventi, anche con la natura circostante attraverso quelli che sono definiti **cicli vitali**.

- **Ciclo del carbonio.** Attraverso questo ciclo, il carbonio viene scambiato tra geosfera, idrosfera, biosfera e atmosfera della Terra.
- **Ciclo dell'azoto.** L'azoto è l'elemento più abbondante nell'atmosfera (78%); tuttavia, nella forma molecolare N_2 non può essere sfruttato da organismi come l'uomo, i quali però ne necessitano, in quanto è fondamentale per costituire amminoacidi o basi azotate per i nucleotidi.
Esistono dei batteri, definiti **azotofissatori**, che vivono in simbiosi con le piante e sono in grado di convertire N_2 nella forma biodisponibile NH_3 (che a pH fisiologico, nell'uomo, è convertita in ione ammonio NH_4^+) attraverso gli enzimi **nitrogenasi**.
- **Ciclo del fosforo.** Il fosforo è un elemento scarsamente reperibile nell'ambiente: si trova prevalentemente nelle rocce fosfatiche sotto forma di fosfati. Gli organismi autotrofi possono introdurlo in composti organici.



Ciclo dell'azoto

La teoria cellulare

Secondo la **teoria cellulare**, la **cellula** è l'unità costitutiva di tutti gli esseri viventi, siano essi unicellulari o pluricellulari. Ogni cellula è autonoma e autosufficiente nella sua organizzazione.

A oggi, la comunità scientifica riconosce la **teoria cellulare moderna**. Tutte le ipotesi formulate in passato costituiscono la **teoria cellulare classica**.

Teoria cellulare classica

Vide il contributo di tre scienziati, **Schleiden**, **Schwann** e **Virchow**:

- Schleiden asserì che tutte le piante fossero composte da cellule;
- Schwann diede un contributo alla teoria formulata da Schleiden, sostenendo che anche tutti gli animali fossero costituiti da cellule;
- Virchow, pur non avendo dimostrato la sua ipotesi, pensò che ogni cellula nascesse da un'altra cellula.

Tutto ciò non sarebbe stato possibile senza le scoperte di **Robert Hooke**, il quale identificò al microscopio, in una fettina di midollo di sambuco, delle strutture che chiamò "cellule" (poiché somigliavano a delle piccole cellette). In realtà, ciò che Hooke aveva osservato, ai suoi tempi, non erano altro che dei residui di parete cellulare di cellule morte.

Fu nel 1674 che venne osservata la prima cellula viva al microscopio, da **Antoni van Leeuwenhoek**. Egli osservò batteri e alghe *Spirogyra*.



Teoria cellulare moderna

Le basi della teoria cellulare moderna furono gettate a seguito della diffusione delle idee evoluzionistiche di Darwin. Fondamentale, in particolare, fu il contributo di **August Weismann**:

- tutti i viventi sono costituiti da una o più cellule;
- le reazioni chimiche avvengono nelle cellule;
- ogni cellula origina da processi di divisione che avvengono da un'altra cellula;
- le cellule custodiscono il materiale genetico ereditario.

I livelli di organizzazione della materia vivente

Tutto ciò che è visibile all'occhio umano è composto da **materia**. La materia è organizzata in modo estremamente distinto e rigoroso, secondo un ordine ben preciso.

Particelle fondamentali

Sono quark e leptoni, che rispettivamente costituiscono protoni e neutroni, e elettroni.

Protoni, neutroni e elettroni

Protoni, neutroni e elettroni sono le particelle responsabili dell'identità e delle proprietà di ciascun atomo. I protoni hanno carica positiva, gli elettroni carica negativa, i neutroni sono privi di carica. Mentre neutroni e protoni sono nel nucleo dell'atomo, gli elettroni orbitano attorno a esso.

Atomi

Gli atomi non sono altro che il ferro, lo zolfo, l'ossigeno, il sodio, che si possono trovare sulla tavola periodica. In base alla loro funzione sono distinti in:

- **bioelementi primari** → hanno una funzione strutturale: sono ossigeno, zolfo, fosforo, carbonio, idrogeno, che costituiscono le membrane biologiche, oltre che molecole proteiche e lipidiche;
- **bioelementi secondari** → hanno una funzione strutturale e catalitica: sono iodio, calcio, sodio, cloro, magnesio;
- **oligoelementi** → hanno una funzione essenzialmente catalitica, sono presenti in concentrazioni molto ridotte negli organismi: sono zinco e cobalto.

[illegible]

Molecule

Derivano dall'associazione di più atomi, grazie all'instaurarsi di legami più o meno forti tra loro. Si parla di biomolecole quando si fa riferimento alle molecole essenziali nei processi biologici, come acidi nucleici, lipidi, proteine, carboidrati.

Strutture cellulari e organelli

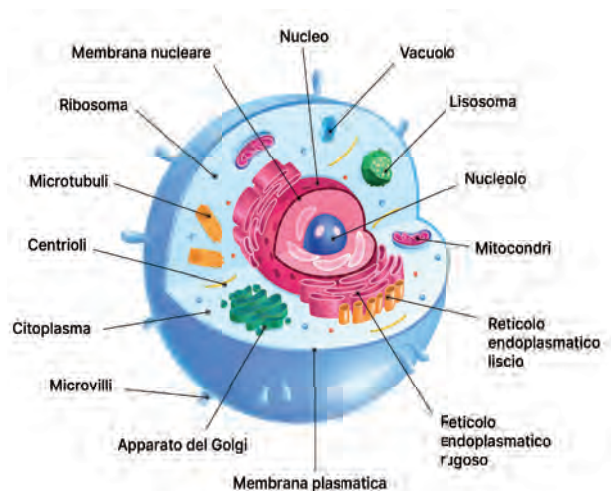
Sono contenuti nelle cellule, e derivano da un complesso assemblaggio di molecole differenti tra loro. Strutture cellulari, come i ribosomi, sono contenute in cellule eucariotiche e procariotiche; gli organelli (come il reticolo endoplasmatico, il nucleo, o l'apparato del Golgi), che richiedono un livello evolutivo cellulare maggiore, sono presenti unicamente nelle cellule eucariotiche.

Cellule

La cellula è l'unità funzionale dei viventi. Ogni tipologia di cellula presenta delle caratteristiche che la distinguono da una cellula che appartiene a un'altra popolazione cellulare: cellule dello stesso tipo generalmente si organizzano a formare un tessuto.

Tessuti

I tessuti sono il risultato dell'unione tra più cellule dello stesso tipo. Un esempio di tessuto è il tessuto epatico, caratterizzato da cellule parenchimali, ovvero gli epatociti.



Anatomia della cellula umana

Organi

Gli organi derivano dall'associazione di un unico tessuto o più tessuti differenti, volti a promuovere la funzione fisiologica di un sistema o di un apparato. Il tessuto epatico va a formare il fegato, per esempio.

Sistemi e apparati

Sono dati dall'associazione di più organi:

- un **sistema** è dato dall'insieme di organi composti dallo stesso tessuto e dalle medesime funzioni;
- un **apparato** è dato da un insieme di organi costituiti da tessuti differenti.

Organismi

Gli organismi non sono altro che tutti gli esseri viventi presenti in natura: l'uomo, i vegetali, ma anche microrganismi e batteri.

Ecosistema

I viventi che si adattano all'ambiente in cui vivono e che costruiscono delle interazioni creano un **ecosistema**. Ci sono diversi ecosistemi:

- zone polari;
- tundra;
- foreste di conifere (o taiga);
- foresta decidua;
- macchia mediterranea;
- savana;
- deserto;
- foresta tropicale.

Bioma

Si tratta di ecosistemi che vedono il prevalere di una specie di viventi rispetto alle altre, ma che sono accomunate da condizioni comuni di temperatura, irraggiamento e umidità.

Biosfera

È il livello più avanzato di organizzazione della materia. Comprende tutti gli ecosistemi presenti sulla Terra.

I criteri di classificazione dei viventi

Classificare le specie viventi fino a oggi conosciute può essere utile per fornire un **modello identificativo** per ogni tipologia di organismo che viene studiata dai biologi.

La **tassonomia** è la scienza che si occupa di classificare, secondo un ordine gerarchico ben preciso, ogni forma vivente presente sulla Terra.



I criteri mediante i quali viene stilata la classificazione tengono conto di:

- **filogenesi**. L'influenza delle teorie darwiniane ha fatto sì che nello studio degli esseri viventi sia fondamentale considerare la **filogenesi**, ovvero la storia evolutiva di ciascun gruppo tassonomico;
- **sistemica cladistica**. La classificazione dei viventi prende in considerazione il **grado di parentela**, ossia il tempo che separa l'evoluzione di due specie differenti con un progenitore comune.

Sulla base della classificazione tassonomica, è possibile, con un esempio, categorizzare una specie vivente in ciascun gruppo:

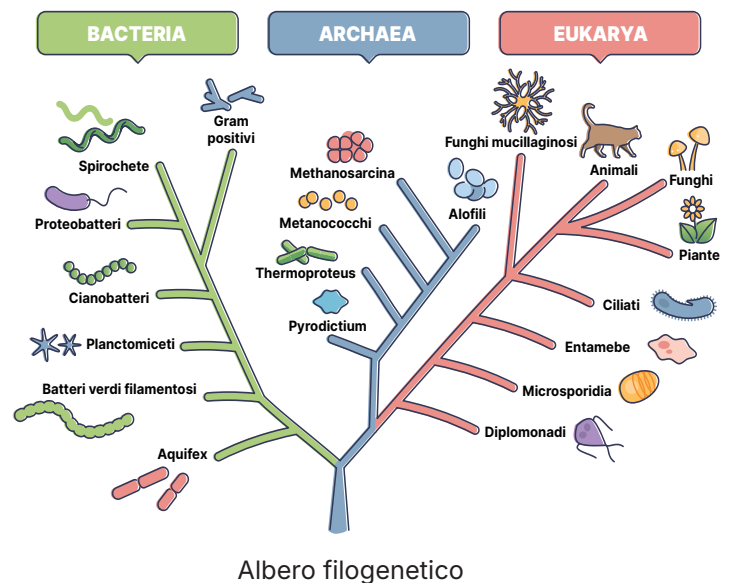
Uomo

Dominio → Eukaryota
 Regno → Animalia
 Phylum → Chordata
 Subphylum → Vertebrata
 Superclasse → Tetrapoda
 Classe → Mammalia
 Sottoclasse → Placentati
 Infraclasse → Eutheria
 Ordine → Primates
 Sottordine → Haplorrhini
 Superfamiglia → Hominoidea
 Famiglia → Hominidae
 Sottofamiglia → Homininae
 Tribù → Hominini
 Sottotribù → Hominina
 Genere → Homo
 Specie → Sapiens



Si distinguono tre domini:

- **Bacteria** → contiene un unico regno, che è il regno degli *Eubacteria*. Ne fanno parte gli organismi procarioti, i batteri.
- **Archaea** → al dominio *Archaea* corrisponde un unico regno, chiamato *Archaeobacteria*, rappresentato da organismi che popolano ambienti spesso inospitali, come i ghiacciai, o che vivono a temperature estreme (come i batteri termofili), che, pertanto, sono definiti organismi estremofili.
- **Eukarya** → dal dominio *Eukarya* si diramano più regni: *Protista*, *Fungi*, *Plantae* e *Animalia*.



La definizione di specie



Per **specie** si intende l'**unità alla base della classificazione degli esseri viventi**. Tra i **livelli tassonomici** esistenti, la specie costituisce il primo livello.

Si può comprendere quanto sia difficile scegliere un criterio unico per classificare un numero elevatissimo, se non infinito, di individui; la scienza, infatti, fa riferimento a una specie collocandola in un **definito spazio temporale**, in accordo con la possibilità che possano verificarsi **eventi evolutivi** nel corso del tempo.

La cellula: tipologie e strategie evolutive

Esistono due tipologie di cellule:

- cellule **procariotiche**, tipiche dei batteri e degli *Archaea*;
- cellule **eucariotiche**, animali o vegetali.

Ognuna di esse è caratterizzata da elementi fondamentali:

- membrana plasmatica;
- genoma;
- ribosomi.

Per quanto possa essere grande la diversità tra esseri viventi, ognuno di questi è costituito da una o più cellule.

Più organismi che coesistono in uno stesso spazio o tempo, e che presentano medesime proprietà biologiche sono definiti **popolazione**.

Una popolazione, affinché resista ai cambiamenti dell'ambiente esterno, deve essere capace di evolversi. **Evoluzione** significa adattarsi a condizioni **mutevoli**: soprattutto nel lungo periodo, le specie viventi hanno perso o acquisito caratteristiche che hanno permesso loro di sopravvivere.



- La lingua lunga della rana è il risultato di un adattamento per catturare gli insetti.
- Le ossa leggere degli uccelli permettono loro di volare.
- La pelliccia folta di lupi e orsi è utile per contrastare il freddo.

L'organizzazione molecolare della vita

Le cellule procariotiche ed eucariotiche hanno degli elementi comuni e non:

1. l'**acqua** rappresenta ben il 70% del contenuto delle cellule in entrambe le tipologie. Senza non ci sarebbe vita;



L'**acqua** o H_2O è una molecola bipolare, contiene delle cariche positive e negative. Quelle positive sono date dai due idrogeni mentre la polarità negativa è dovuta all'ossigeno. Questo le permette di unirsi a altre molecole sia di H_2O , formando l'acqua fluida, sia a molecole di natura diversa, dette **idrofili** perché riescono a interagire con l'acqua.

2. gli **ioni inorganici**, positivi o negativi, (Na^+ , K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} , Cl^- , ecc.) spesso vengono utilizzati nei processi enzimatici, quindi sono presenti in ugual misura nelle cellule;
3. **zuccheri, amminoacidi, nucleotidi, acidi grassi e piccole molecole** hanno uguale rapporto (3:3) in entrambe le cellule. Queste piccole molecole, per lo più monomeriche, si possono unire per formare delle molecole più grandi come per esempio i lipidi, molecole con un livello di organizzazione più grande;
4. i **fosfolipidi** sono lipidi che formano le membrane citoplasmatiche. Sono presenti sia nella cellula eucariotica che nella procariotica, ma si trovano al 3% negli eucarioti (perché le cellule eucarioti che hanno un sistema membranoso molto più rappresentato) e al 2% nei procarioti;
5. **altre tipologie di lipidi** si trovano solo al 2% negli eucarioti e non ne troviamo nei procarioti;
6. i **polisaccaridi** appartengono ai carboidrati/zuccheri, dove il quantitativo riscontrato è di 2 e 2 nelle due cellule.
7. gli **acidi nucleici** (DNA e RNA), delle molecole grandi:
 - l'RNA è presente al 6% nei procarioti e all'1.1% negli eucarioti;
 - il DNA è presente all'1% nei procarioti e allo 0,25% negli eucarioti. Il quantitativo nel batterio sembra più alto perché la cellula è molto più piccola quindi il rapporto cambia all'interno della cellula;
8. le **proteine**, anch'esse molecole particolarmente grandi, presenti al 15% nei procarioti e al 18% negli eucarioti.

I polisaccaridi, gli acidi nucleici (DNA e RNA) e le proteine prendono il nome di **macromolecole biologiche** e rappresentano circa l'80-90% del peso secco delle cellule. In biologia sono definite come quelle molecole che, oltre a essere grandi, sono formate da unità monomeriche che si ripetono tantissime volte.

Per questo motivo i lipidi non vengono annoverati fra queste: nonostante siano macromolecole che possono raggiungere dimensioni notevoli, non presentano un motivo monomerico che si ripete. Nei polisaccaridi l'unità monomerica che si ripete è il monosaccaride, negli acidi nucleici (DNA e RNA) è il nucleotide e nelle proteine è l'amminoacido.

Le teorie sull'origine della vita

■ Teoria del creazionismo

Secondo questa teoria, l'intero Universo è frutto di una *creazione divina*, come si racconta nella Bibbia.

■ Teoria della generazione spontanea

Precursore di questa teoria fu Aristotele: la vita può essere prodotta *da materia inerte*. Per esempio, le anatre provengono dai frutti di alcune piante e le mosche derivano dalla spazzatura.

■ Teoria della panspermia

Questa teoria suggerisce che la vita possa aver avuto origine dal materiale biologico proveniente *da altri pianeti o luoghi nello spazio*. Questo in seguito, attraverso scontri con asteroidi o meteoriti, è stato trasportato sulla Terra.

■ Teoria dell'abiogenesi primaria

Anche chiamata teoria di Oparin-Haldane, asserisce che la vita sulla Terra è emersa a seguito di particolari circostanze ambientali, a partire da *molecole che si sono combinate tra loro* per dar vita a organismi viventi.

■ Teoria del Miller-Urey

Si tratta della teoria del brodo primario, per la quale la vita si è sviluppata a seguito di condizioni in cui, per mancanza di ossigeno e abbondanza di idrogeno, si è creata un'atmosfera gassosa che si è riversata su un liquido, per formare l'oceano: questo ambiente fu definito, da Miller e Urey, come il *brodo primordiale* da cui è nato tutto.

■ Teoria dell'RNA

I sostenitori di questa teoria credono che sia l'*RNA* a avere un ruolo chiave per lo sviluppo dei viventi, agendo sia come catalizzatore sia come materiale genetico.

■ Teoria delle fonti idrotermali

Secondo questa ipotesi, la vita ha avuto origine dalle *profondità degli oceani*, in prossimità di sorgenti idrotermali che, essendo ricche di calore e specifiche sostanze, potrebbero aver generato le condizioni ideali per la vita.